

**Nagy Lászlóné**

# Analógiák a biológiában

## Tudomány és tanítás

*Az analógia és más összehasonlítások – a metafora, a hasonlat – között a különbség főleg szövegtől függő (tudományos, szemben az irodalmival), és függ a megállapítás világosságától (világos, szemben a beleértéttel), valamint a megállapítás céljától (magyarázó, állító, szemben a kifejezővel, művészivel). (1) Az analógiák általában megtalálhatók a természettudományos szövegek környezetében. Világos összehasonlításokból vagy leképezésekből állnak, melyek két bizonyos szempontból hasonló, de más tekintetben különböző fogalom magyarázatául vagy megállapításául szolgálnak.*

A fogalomcsoportba beleértik az analógiás (analógián alapuló) modelleket, a metaforákat és a hasonlatok tudományos környezetben való használatát, úgy mint Darwin „az élet fája” hasonlatát. A mindennapi felfogás az analógián belül analógot (hasonló dolgot) is megnevez. Ez segít az ismeretlen tudományos fogalom célra utaló megmagyarázásában. Így a Darwintól származó „az élet eredete” analógiában az elágazó fa az analóg (az, ami hasonlít; a hasonló dolog) és az evolúció a cél. Azokat a tulajdonságokat, amelyek nem oszlanak meg a cél és az analóg között, nem megosztott (eltérő) tulajdonságoknak nevezik, és ezek jelzik az analógia korlátait.

### Analógiák a biológiatudományban

A természettudományos (tárgy)körökben az analógia kiegészítő, felülről-lefelé mechanizmust nyújt a fogalmak keletkezéséhez. Az elméleti természettudósok egy problematikus új (tárgy)körben dolgozva gyakran tekintenek az általuk már megértett területekre úgy, mint átvihető fogalmak forrására és mint problémamegoldó technikákra. Például a természetes szelekció és a tenyésztők által végrehajtott mesterséges szelekció közötti analógia jelentős volt Darwin evolúciós elméletének kifejlesztésében és igazolásában. Darwin bizonyította, hogy a létért való harc – pontosan úgy, mint a tenyésztők – megváltoztatja a populációkat bizonyos tulajdonságok kiválasztásával, természetes változatok létrehozásával. Így a természet az életben maradásért való küzdelem során szelekcióval új fajokat hoz létre. A tenyésztés gyakorlatával kapcsolatos szabályok és fogalmak egy új (tudomány)terület kialakulását eredményezték. Darwin a fogalmi összetételt az analógiával együtt használta a természetes szelekció elméletének kifejlesztéséhez. (2)

A biológiatudományban lépten-nyomon találkozunk analógiákkal. Gregus Pál „A növények csodálatos élete” című könyve analógiák gyűjteményének is tekinthető. (3) Darwin (1955) „A fajok eredete” című könyvében is találunk egy érzelmileg színezett analógiát (219. old.). Darwin észrevette, hogy a földi élőlények osztályozásának mintázata olyan dinamikus rendszer, amely meglehetősen hasonló egy nagy fa fejlődéséhez. Észrevette, hogy az osztályozásnak ez a típusa megmagyarázható az öröklődéssel és a természetes szelekcióval. Vajon mi lehetett a célja Darwinnak ezzel az érzékletesen leírt analógiával? Az, hogy létrehozzon egy gyönyörű prózai alkotást, hogy elkápráztassa és tovább olvasásra ösztönözze olvasóit, vagy az, hogy segítsen megjeleníteni olvasói számá-

ra az evolúciónak ezt az elképzelését? Sohasem tudhatjuk meg a választ, de az biztos, hogy példája megemeli az analógiák eredményét a biológiában és a biológiaoktatásban.

„Egy osztály valamennyi élőlényének rokonsági kapcsolatait néha nagy fa formájában szokták ábrázolni. Azt hiszem, ez a hasonlat nagymértékben megfelel a valóságnak. A zöldellő és rügyező gallyak a létező fajok, a régebbi években keletkezett gallyak pedig a kipusztult fajok hosszú sorát ábrázolják. A növekedés minden szakaszában valamennyi ág arra törekedett, hogy minden irányban szétágazzon, túlnője, elnyomja a környező gallyakat és ágakat, szakasztott úgy, mint ahogy az élet harcában a fajok és csoportok minden időben elnyomtak más fajokat. A törzsek, amelyek nagy ágakra, és ezek további kisebb és kisebb ágakra oszlanak, valaha, mikor a fa még fiatal volt, maguk is rügyező gallyak voltak; s a régebbi és mostani rügyeknek az elágazó ágak révén való kapcsolata igen jól szemlélteti a kihalt és élő fajok csoportokba és alcsoportokba való osztályozását. A sok gally közül, amely vígan virult, amikor a fa még csak cserje volt, már csak két-három él, nagy ágakká erősödve, melyekből a többi ág elágazik. Ugyanígy van a fajokkal is, amelyek régmúlt geológiai korszakokban éltek, és amelyek közül csak igen kevésnek maradt élő és módosult leszármazottja. A fa növekedésének kezdete óta számos törzs és ág száradt el és hullott le; ezek a különböző nagyságú elhalt ágak képviselhetik azokat a rendeket, családokat és nemeket, amelyeknek ma már nincs élő képviselőjük, s amelyek csupán kövült állapotban ismeretesek; s amint a fa törzsének valamely elágazásából itt-ott egy magányos őstörvény ágacska sarjad ki, s szerencsés véletlen folytán a tetején még zöld, épp így találunk elvélve egy-egy állatot – mint pl. az Ornithorhynchus-t vagy a Lepidosiren-t, amelyek rokonságaikkal bizonyos fokig összekötik egymással az élet két nagy ágát, s amelyeket nyilván az kímélt meg a végzetes versenytől, hogy védett területen laktak. Amint a rügyek növekedésükkel friss rügyeket hoznak létre, amelyek ha életerősek, minden irányban szétágaznak, és a gyöngébb ágakat túlnövik, ugyanez a helyzet, véleményem szerint az élet nagy fájával is, amely a föld kergét nemzés útján halott és letört ágaival tölti meg, a föld felszínét pedig örökké tovább ágazó gyönyörűség elágazásaival borítja el.” (219. old.) (4)

Az analógiák hatással vannak a biológiatudomány egész történetére. Ilyen például az az analógia, amely az emberi lények és a világ mint egész, más szempontból a mikrokozmosz és a makrokozmosz között van. (5) *Arber* azt állítja, hogy bár az emberiség mikrokozmoszban természetben való bizalom sok képtelenségre vezetett, néhányszor utat nyitott új és megbízható következtetésekhez. Azt állítja, hogy *Harvey* a vérkeringés felfedezését (1615–19) két arisztotelészi tételére alapozta: a körmozgás tökéletességére és a makrokozmosz és a mikrokozmosz közötti párhuzamra.

Darwin elmélete a természetes szelekcióról főként azon az analógián alapult, amely a háziállatok és a növények szabályozott szaporodása (tenyésztése) és a szerves világ fejlődésének egész története között van. Elméletének egy gyengesége ezen analógia befejezetlen fokának sikertelen felismerésében van. *Lamarck*, az evolúció témájának egy korábbi kutatója, meglátta az analógiát az egyed és a faj között, és arra következtetett, hogy a használatnak és a környezetnek hatása van az egyedi szervezetek struktúrájára, és ez vonatkoztatható a fajra is. Elmélete megdőlt, mert nem tudta figyelembe venni azokat a hatásokat, amelyek nemzedékről nemzedékre változatlanok maradnak. Így az analógia, amelyre *Lamarck* a munkáját alapozta, nem volt kiterjeszthető.

A nők és az „alacsonyabbrendű fajok” között lévő analógia stratégiai helyet foglal el a 19. és a 20. században az emberi változatosság tudományos elméletének megalkotásában. (6) Ez azt állította, hogy a nőknek kisebb az agysúlya és hiányos az agystruktúrája, és ez analóg az „alacsonyabbrendű fajok” kisebb intelligenciájával. *Stepan* azt állítja, hogy ez az analógia vezetett az ismeretek elnyomásához, mert a tudósok tudat alatt a valóságnak azokat az aspektusait válogatták ki, amelyek kompatibilisek voltak az említett analógiával. Két jellegzetes példát említ: a tudósoknak nem sikerült a nők kisebb testülyéből és agysúlyából következtetett alacsonyabbrendűség feltételezéseit kiigazítaniuk; továbbá a néger fajtát az emberszabású majmokhoz hasonlították az állkapocs alakja alapján, ugyanakkor a fehér fajtának a vékony ajak miatt az emberszabású majmokhoz való hasonlóságát nem vették figyelembe.

*Stepan* azt állítja, hogy az analógiák figyelembe veszik a felfedezést és új információkat eredményezhetnek az empirikus kutatásokon keresztül. Azt hiszi, hogy a nők és a fajták kapcsolata az analógián kívül az alacsonyabbrendűség értelmezésén is múlt:

például a nem nagy női test, a végtagok hossza, a medence szélessége, a koponya alakja és súlya vagy az agy struktúrája.

Konrad Lorenz 'Az analógia mint a tudás forrása' címmel tartott egy előadást 1973-ban, amikor orvosélettanból megkapta munkája elismeréséül a Nobel-díjat. Lorenz szerint az analógia tanulmányozása (ő azonosítja a hasonlósággal, ami a faj és azzal párhuzamos alkalmazkodása között van) az evolucionisták, embriológusok és más fajta biológusok tudásának egy jelentős forrása lehet. Arra a megfelelően leegyszerűsített analógiára hivatkozik, amely például egy hajó és egy cápa és a gerincesek és a lábasfejúek szeme között van. Lorenz leírja az analógiák jelentőségét a viselkedés tanulmányozásában is. (7)

Ezen néhány példából láthatjuk, hogy az analógiák jelentős szerepet játszottak a biológiai tudomány fejlődésében. Egyesek hozzájárultak néhány nagy tudományos felfedezéshez, mások a tudósok számára rosszul felhasználhatók maradtak.

### Analógiák a biológia oktatásában

A biológia tanításában is demonstrálhatók a fent leírtakhoz hasonló helyzetek az analógiák biológia-tantermi használatakor. Néhány esetben az analógiák építők, fokozzák a fogalmi megértést, míg másokban inkább akadályoznak, mint segítenek.

Bean, Searles, Singer és Cowen eredményei azt mutatják, hogy azok a tanulók, akiknek a tanítására felhasználták „a sejt hasonlít egy gyárhoz” képi analógiát, és bemutatták az analogikus tanulás példáját, szignifikánsan jobban megértették a tananyagot, mint azok a társaik, akik esetében nem alkalmazták a képi reprezentációt. A szerzők azt javasolják, hogy a képi analógia alkalmazásakor mutassák be, hogy a sejt különböző részei miben hasonlítanak egy gyár részeihez. Ez segítheti a sejt részeinek és funkcióinak megértését. (8)

Newby és Stepich azt találták, hogy az élettani fogalmak azonnali és késleltetett megértésében szignifikáns javulás volt azoknál a tanulóknál, akiknél tanítás közben analógiákat alkalmaztak. Azonkívül az analógiákkal segített alanyoknak a tananyag magasabb megértési szintjét sikerült elérniük, és ez örömet okozott nekik. Az analógiákat 10 modern fiziológiai fogalom tanításánál használták: például a perisztaltikát a következő analóg kifejezéssel írták le: a ketchup kipréselése egy egy-adagos tubusból. (9)

Átfogó analógiákra is találunk példákat a biológia tanításában. Például az emberi keringési rendszer hasonlítható egy „szolgáltató rendszer”-hez („United Parcel Service U. P. S.”). Ez az átfogó analógia különböző specifikus fogalmi analógiákat tartalmaz, amelyek egy szervezett képviselőn belül egyidejűleg léteznek. (10) Ez az analógia például a következő fogalmi analógiákat tartalmazza:

(a) A vörösvértestek munkája hasonlít a fuvaroskocsikéhoz, a szükséges anyagokat szállítják a központi elosztó ponttól a test minden részébe;

(b) Az artériák és a vénák hasonlítanak a közutakhoz, úgy működnek, mint a bekötő utak, amelyeken át a kézbesítés különböző pontjai elérhetők;

(c) A szív hasonlít az áruaktárhoz vagy központi elosztóponthoz, ahonnan a feltöltött szállítóeszközök kiindulnak, és ahová az üres szállítóeszközök visszatérnek, hogy újra feltöltsenek.

Ezen analógia használatának célja, hogy elősegítse az ismeretlen emberi keringési rendszer működő modelljének kifejlesztését, egy ismert rendszerhez hasonlítva azt. Analógiát alkalmazva példa helyett eredményesen megtanítható a kapillárisokról szóló többetinformáció. Ha az artériák és a vénák hasonlítanak a közutakhoz, a nagyvárosok és a városok közötti nagyobb utakhoz, akkor a kapillárisok hasonlítanak a nagyvárosokon és a városokon belüli egyedi házakhoz vezető utcákhoz. A kapillárisokról szóló információ így az artériákról és a vénákról szóló, az analógia által már megalapozott információ egyszerű kiterjesztése.

Az átfogó analógia segít a tartalom belüli elkülönülő részletek és fogalmak közötti kapcsolatok azonosításában is. A bemutatott példából: a közutak, fuvarokcsik és az áru-raktár közötti kapcsolatokhoz hasonlóan be lehet mutatni az artériák és a vénák, a vörösvértestek és a szív funkciói közötti összefüggéseket. (11)

Ha feltesszük a „Hogyan segítik a vörösvértestek az egészség fenntartását?” kérdést, a tanulók vissza tudnak emlékezni a vörösvértesteket a fuvarokcsikhoz hasonlító analógiára. A fuvarokcsik funkciójára emlékezve irányítják a visszakeresést a vörösvértestek funkciójára, mint a test minden részébe nélkülözhetetlen tápanyagokat (úgy mint oxigént) szállítókra. A tanuló levonja azt a logikai következtetést, hogy a vörösvértestek a nélkülözhetetlen tápanyagok nélkülözhetetlen szállításának eszközei. Mindezt a formális memorizálás alapelve nélkül végzi.

*Gilbert* arra következtetett, hogy nem nyilvánvaló annak a kijelentésnek az alátámasztása, hogy az analógiák általános használata hatásos a fogalmi emlékezet elősegítésében vagy javítja a tanulók attitűdjét. Vizsgálata során azt tapasztalta, hogy az analógiák (például az anyaméh összehasonlítása az elektromos dugasszal és a pénz feldobása a mendeli genetika magyarázatára) írott formában való bemutatása nem elég, és hogy a tanároknak aktívabban kellene segíteniük a tanulókat a tudományos fogalmak elsajátításában analógiák használatával. (12)

*James* Gilberthez hasonló következtetésekre jutott, amikor az analógiákat gyakorlati feladatokban használta tanítványainál az adaptáció (alkalmazkodás) megértésének segítésére. Nem járt sikerrel. A tanulók összehasonlították egy lapos és egy gömbszerű zacskóban levő forró víz lehűlését, és azután válaszoltak az állatok nagyobb méretű fülével és annak adaptív jelentőségével kapcsolatos kérdésekre. A gyakorlati feladat otthon történő befejezése után egyedül kellett felvázolniuk az analogikus összefüggést a műanyag zacskókkal és az állatok nagyobb fülével kapcsolatban. A következtetés az, hogy az analógia így nem segítette a tanulókat, sőt alternatív fogalmakat hozhatott létre. Figyelembe véve, hogy a tanulók saját következtetéseiket vázolták fel, az eredmények téves magyarázatokhoz, félreértésekhez vezethettek. (13)

*Kirkland* leírt egy kurzust, ahol elbeszélő kontextusokba integrálták az absztrakt biológiai fogalmakat, hogy élővé tegyék a természettudományt a „nemszakértők” számára. Azt tapasztalták, hogy az információközlés egyszerű és alkotó metodikái – humoros, könnyed analógiák a hangulat felvillanyozására – csökkentik a tananyag absztraktságát, és önmagukban képesek csökkenteni a szorongást és facilitálni a tanulást. (14)

### Az analógiák használata a biológia tankönyvekben és a tantermekben

#### *A mechanikus sablon*

*Thiele, Venville és Treagust* összehasonlították az ausztráliai iskolákban használt biológia és a kémia tankönyvek analógiáit, és azt találták, hogy a biológia tankönyvek sok egyszerű, kidolgozatlan analógiát tartalmaznak (15), például: a flagellum hasonló az osztorhoz, a mitokondriumok a sejt energiaházai, a riboszómák fehérjegyárak, a DNS ketts-hélix szerkezete hasonló a sodrott létrához és az enzimek és a szubsztrátok kölcsönhatása hasonló a zár-kulcs modellhez. A probléma ezekkel az analógiákkal az, hogy mechanikus sablonok, amelyeket a biológusok hoztak létre, beleértve a tanárokat és a tankönyvszerzőket, akik a szerepükről való gondolkodás nélkül közlik azokat. Ezek közül az analógiák közül néhány nagyon jól használható lenne a tanulók számára, ha azokat részletesebben kidolgoznák. Például a zár-kulcs modell az enzimek interakcióját illetően segíthetne megértetni a tanulókkal az enzimek specifikus természetét. Alaposabb magyarázat nélkül azonban a tanulók a biológiai fogalmakról csak az analógiák alapján kialakuló saját következtetéseikre hagyatkozhatnak. Ez az elhagyás nagy lehetőséget ad az alternatív fogalmak kifejlődéséhez.

### *A tanulók tudáshiánya*

Ha a tanulóknak nem ismert az analóg, akkor megnövekednek a hibás következtetések a természettudományos fogalmakról. Egy helyi biológia tanteremben a szerzők megfigyelték, amint egy tanár a vörösvértetek alakját egy kandiscukorhoz hasonlította, annak minden oldalról való horpadását leszámítva. Kiderült, hogy ez a kandiscukor már nem gömbölyű, hanem négyszögletes formájú. Következésképpen ennek az analógiának a használata a vörösvértetek alakjáról zavaros kép kialakulását eredményezte.

Thiele és munkatársai egy ausztráliai középiskolai biológia tankönyvben a következő analógiát találták:

„...egy közösség az élettelen környezetével együtt éppen olyan rendszer, mint mondjuk egy »politikai rendszer« vagy egy »gazdasági rendszer«...” (16)

Kevés középiskolás ismeri ki magát jól egy politikai vagy egy gazdasági rendszerben, ezért a biológiai rendszerrel való hasonlóság megértése nehéz. Ez a probléma azért keletkezik, mert a tanárok vagy a tankönyvszerzők gyakran létrehoznak egy analógiát, és később megfeledeznek arról, hogy a tanulók számára értelmezzék azt.

### *Az analóg és a cél közötti összeférhetetlenség*

Az analógiáknak az a természete, hogy az analóg (a hasonló; az, ami hasonlít) és a cél nem egészen ugyanazok. A tanulók arra gondolhatnak, hogy a két fogalom jellemzői ugyanazok, de ezek a valóságban nem egyeznek. Ebből az okból fontos, hogy a tanárok világosan feltérképezzék a megkülönböztető jegyeket és körvonalazzák az analógiák határait. Az is hasznos lehet, ha a tanulókkal néhány olyan gyakorlatot végzünk, amelyeken megmutatjuk az analógiák használatát a természettudomány tanulásában. (17)

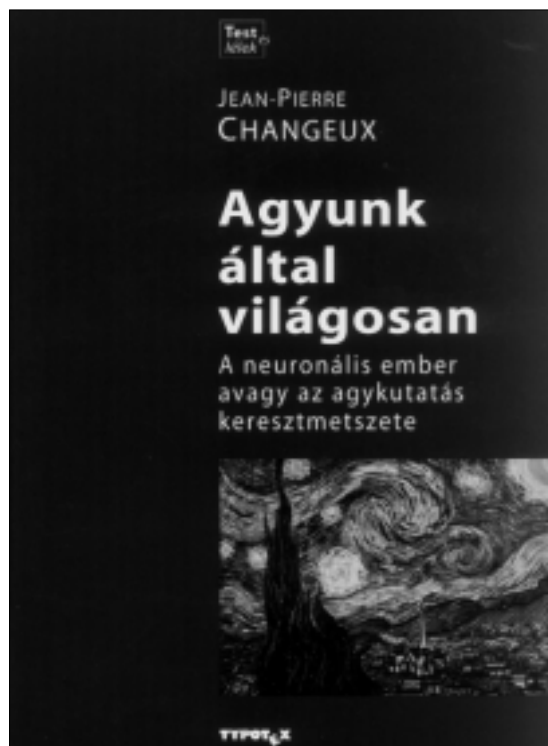
Mint látható, az analógiák bizonyosan vitatott kivezető utak a biológiatanításban. Néhány biológiai fogalom megértését segíthetik, azonban érthető, hogy az analógiák használata problémákat is okozhat. A tanárok gyakran számolnak be jól használható analógiákról, és arra biztatnak más tanárokat, hogy használják ezt az összehasonlító technikát. (18) Továbbra is kérdés: hogyan használják fel a tanárok az analógiákat mint pedagógiai eszközöket úgy, hogy használatuk közben a hibás címzést (téves magyarázatot) és a félreértést a minimumra csökkentsék.

## **Irodalom**

- (1) DUIT, R.: *On the role of analogies and metaphors in learning science*. Science Education, 75., 1991. 649–672. old.
- (2) HOLYOAK, K. J. – NISBETT, R. E.: *Induction*. In.: STERNBERG, R. J. – SMITH, E. E. (szerk.): *The psychology of human thought*. Cambridge University Press, Cambridge, 1988. 50–91. old.
- (3) GREGUS Pál: *A növények csodálatos élete*. Franklin-Társulat, Bp, 1932.
- (4) DARWIN, C.: *A fajok eredete*. Akadémiai Kiadó – Művelt Nép Könyvkiadó, Bp, 1955. 219. old.
- (5) ARBER, A.: *The biologist's use of analogy*. In.: ARBER, A. és mtsai: *The Mind and the Eye: A Study of the Biologist's Standpoint*. Cambridge University Press, 1964.
- (6) STEPAN, N. L.: *Race and gender: The role of analogy in science*. ISIS, 77., 1986. 261–277. old.
- (7) LORENZ, K. Z.: *Analogy as a source of knowledge*. Science, 185., 1974. 229–234. old.
- (8) BEAN, T. W. – SEARLES, D. – SINGER, H. – COWEN, S.: *Learning concepts from biology text through pictorial analogies and an analogical study guide*. Journal of Educational Research, 83., 1990. 233–237. old.
- (9) NEWBY, T. J. – STEPICH, D. A.: *May: Instructional analogies and the learning of tangible and intangible concepts*. Proceedings of Selected Research Presentations at the Annual Convention of the Association for Educational Communication and Technology, Florida, 1991.
- (10) STEPICH, D. A. – NEWBY, T. J.: *Analogical instruction within the information processing paradigm: effective means to facilitate learning*. Instructional Science, 17., 1988. 124–144. old.
- (11) GENTNER, D.: *Structure-mapping: A theoretical framework for analogy*. Cognitive Science, 7., 1983. 155–170. old.

- (12) GILBERT, S. W.: *An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts*. Journal of Research in Science Teaching, 26., 1983. 315–327. old.
- (13) JAMES, M.: *The use of a specific model in the teaching of a specific concept*. The Australian Science Teachers Journal, 29., 2., 1983. 9–17. old.
- (14) KIRKLAND, W. L.: *Teaching Biology through Creative Writing*. Journal of College Science Teaching, 26., 4., 1977. 277–279. old.
- (15) THIELE, R. B. – VENVILLE, G. J. – TREAGUST, D. F.: *A Comparative Analysis of Analogies in Secondary Biology and Chemistry Textbooks Used in Australian Schools*. Research in Science Education, 25., 2., 1995. 221–230. old.
- (16) MORGAN, D.: *Biological Science: The Web of Life, Part 1–2*. Third Edition. Australian Academy of Science, Canberra, 1989.
- (17) VENVILLE, G. J. – BRYER, L. – TREAGUST, D. F.: *Training students in the use of analogies to enhance understanding in science*. The Australian Science Teachers Journal, 40., 2., 1994. 60–66. old.
- (18) BIERMANN, C. A.: *The protein a cell built and the house Jack built*. The American Biology Teacher, 50., 3., 1988. 162–163. old. OAKLEY, C. R.: *Using sweat socks and chromosomes to illustrate nuclear division*. The American Biology Teacher, 56., 4., 1994. 238–239. old. STANFORD, P. – HEINHORST, S.: *A Blueprint for Our Bodies*. Science and Children, 34., 4., 1997. 12–15. old. STENCEL, J. E.: *Paper Analogies Enhance Biology Teaching*. American Biology Teacher, 59. 1., 1997. 232–235. old. STENCEL, J. – BARKOFF, A.: *Protein synthesis: Role playing in the classroom*. The American Biology Teacher, 55., 2., 1993. 102–103. old. KANGAS, P.: *A chess analogy: Teaching the role of animals in ecosystems*. The American Biology Teacher, 50., 3., 1988. 160–162. old.

*A tanulmány a T 030555 számú OTKA pályázat támogatásával készült.*



*A Typotex Kiadó ajánlatából*